

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO” FACULDADE DE ENGENHARIA CAMPUS DE ILHA
SOLTEIRA**

VINÍCIUS DE CAMPOS PRATES RAMOS

**EFEITO RESIDUAL DE DOSES DE GESSO AGRÍCOLA NO SOLO E
SUA CORRELAÇÃO COM A PRODUTIVIDADE DA SOJA EM ÁREA
INOCULADA OU NÃO COM *Azospirillum brasilense***

Ilha Solteira – SP
2024

VINÍCIUS DE CAMPOS PRATES RAMOS

**EFEITO RESIDUAL DE DOSES DE GESSO AGRÍCOLA NO SOLO E
SUA CORRELAÇÃO COM A PRODUTIVIDADE DA SOJA EM ÁREA
INOCULADA OU NÃO COM *Azospirillum brasilense***

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado à Faculdade de Engenharia de
Ilha Solteira – UNESP como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Andreotti

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- R175e Ramos , Vinícius de Campos Prates.
Efeito residual de doses de gesso agrícola no solo e sua correlação com a produtividade da soja em área inoculada ou não com *Azospirillum brasilense* / Vinícius de Campos Prates Ramos . -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
43 f. : il.
- Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2024
- Orientador: Marcelo Andreotti
- Inclui bibliografia
1. Inoculação . 2. Gessagem. 3. Bactérias promotoras de crescimento de plantas. 4. Glycine max. 5. Produtividade de grãos.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

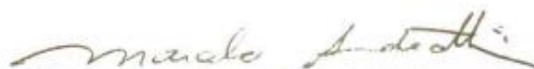
TÍTULO: Efeito residual de doses de gesso agrícola no solo e sua correlação com a produtividade da soja em área inoculada ou não com *Azospirillum brasilense*

ALUNO: Vinicius de Campos Prates Ramos RA: 201050374

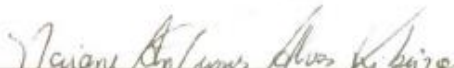
ORIENTADOR: Marcelo Andreotti

Aprovado ☒ - Reprovado () pela Comissão Examinadora com Nota: 9,7

Comissão Examinadora:



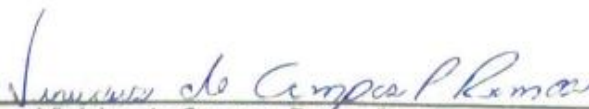
Prof. Dr. Marcelo Andreotti
Presidente (Orientador)



Dra. Naiane Antunes Alves Ribeiro



Dra. Viviane Cristina Modesto



Vinicius de Campos Prates Ramos

Ilha Solteira, 11 de dezembro de 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradeço e expresso minha gratidão primeiramente à Deus, por me dar força, sabedoria e iluminar esse longo caminho que estou trilhando.

À minha família, por todo esse suporte e carinho em todos os momentos, vocês foram fundamentais para que eu chegasse até aqui, sou eternamente grato a cada um de vocês.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Andreotti, pelas oportunidades e confiança, nas quais foram de grande valia, tanto para o meu crescimento profissional como pessoal.

Agradeço ao grupo de pesquisa, Equipe Andreotti, por toda ajuda, conhecimento diante das atividades realizadas e proporcionar momentos que ficarão cravejados na minha memória.

Também agradeço aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE, pela colaboração, fundamental para este trabalho

Agradeço à Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira, e aos professores que puderam transmitir seus conhecimentos essenciais para o desenvolvimento, aprendizado e a oportunidade de conhecê-los.

Também agradeço ao CNPq pela concessão de Bolsa de iniciação científica, na qual tive a honra de ser contemplado.

Agradeço à república Santa Galo, na qual me acolheu durante todo esse período de faculdade e por terem sido minha segunda família em Ilha Solteira, em especial, Gustavo Lyra, Diego Boina, Breno Brancatto, Caio Amaral, Pedro Henrique Ramos, Pedro Brancatto. À república Proalcool, em especial, Luis Gustavo, Guilherme Vieira e Jhonatan Santos.

Por fim, a todos aqueles que contribuíram para com este trabalho, de modo direto ou indireto e destes degraus que estou galgando no curso de Engenharia Agrônômica, os meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A utilização de gesso agrícola apresenta uma série de benefícios para com as culturas, sobretudo ao sistema radicular, no qual passa a promover a maior exploração do perfil do solo, que atrelado ao *Azospirillum brasilense*, bactéria promotora de crescimento de plantas, pode aumentar o aprofundamento das raízes de plantas, e por consequência melhorar a capacidade de absorção de água e nutrientes. A gessagem tem sido empregada em áreas cultivadas do Cerrado, pois promove a redução de toxidez do íon alumínio (Al^{3+}) e fornece cálcio (Ca) e enxofre (S), nutrientes que empregam papel importante no efeito de crescimento e desenvolvimento das plantas, gerando efeito benéfico para a fertilidade do solo, logo nas camadas superficiais e a longo prazo, em camadas mais profundas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito residual de doses de gesso agrícola, de acordo com a metodologia de Caires e Guimarães (2016), e sua correlação com componentes da produção e produtividade da soja, cultivada em áreas com ou sem sementes das gramíneas antecessoras inoculadas com *Azospirillum brasilense*. O trabalho de pesquisa foi conduzido em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, no Cerrado, em Selvíria-MS, em sistema plantio direto há 12 anos, utilizando o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 2, na qual cinco doses de gesso agrícola (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2 vezes a dose padrão ou recomendada), sendo respectivamente, 0; 2,9; 5,7; 8,5 e 11,4 t ha⁻¹ aplicadas ao solo em novembro de 2017, e a inoculação ou não das gramíneas antecessoras com *A. brasilense*. A inoculação com *A. brasilense* é capaz de aumentar a altura de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos, número de nódulos por planta e produtividade de grãos, entretanto, não houve efeito residual da gessagem 72 meses após sua aplicação. Neste trabalho, as áreas de soja inoculadas apresentaram uma produtividade de 907 kg ha⁻¹ a mais do que nas áreas não inoculadas.

Palavras-chave: Inoculação; gessagem; bactérias promotoras de crescimento de plantas; *Glycine max*; produtividade de grãos.

ABSTRACT

The use of agricultural gypsum has a series of benefits for crops, especially for the root system, which promotes greater exploration of the soil profile, which, together with *Azospirillum brasilense*, a plant growth-promoting bacterium, can increase the depth of plant roots and, consequently, improve the capacity to absorb water and nutrients. Gypsum application has been used in cultivated areas of the Cerrado, as it promotes the reduction of aluminum ion (Al^{3+}) toxicity and provides calcium (Ca) and sulfur (S), nutrients to develop an important role in the growth and development of plants, generating a beneficial effect on soil fertility, immediately in the superficial layers and in the long period, in deeper layers. The present study aimed to evaluate the residual effect of agricultural gypsum doses, according to the methodology of Caires and Guimarães (2016), and its correlation with components of soybean production and productivity, grown in areas with or without seeds of predecessor grasses inoculated with *Azospirillum brasilense*. The research labour was conducted in a Oxisol of the Cerrado, in Selvíria, Mato Grosso do Sul State, Brazil, in area under no till system for 12 years, using a randomized block experimental design, with four replications, in a 5 x 2 factorial scheme, in which five doses of agricultural gypsum (0; 0.5; 1.0; 1.5 and 2 times the standard or recommended dose), being, respectively, 0; 2.9; 5.7; 8.5 and 11.4 Mg ha⁻¹ applied to the soil in November 2017, and the inoculation or not of predecessor grasses with *A. brasilense*. Inoculation with *A. brasilense* is capable of increasing plant height, number of pods per plant, number of grains per plant, number of grains per pod, mass of 100 grains, number of nodules per plant and grain yield; however, there was no residual effect of gypsum 72 months after its application. In this study, the inoculated soybean areas showed a productivity of 907 kg ha⁻¹ more than in the non-inoculated areas.

Keywords: Inoculation, Gypsum application, growth-promoting bacteria bacteria, *Glycine max*, Grain productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Temperaturas médias, umidade relativa média e precipitação durante a condução do experimento na safra 2023/2024.....	23
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Recomendação de gesso agrícola (15% de S) em função da classificação textural do solo para culturas anuais e perenes	18
Tabela 2: Atributos químicos do solo nas camadas 0-0,20 e 0,20-0,40 m, antes da aplicação das doses de gesso agrícola (2017).....	24
Tabela 3 - Análise de variância para os componentes da produtividade com ausência e presença de <i>Azospirillum brasilense</i> e doses de gesso residual na cultura da Soja. Selvíria – MS, 2023/24.	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 A importância do Gesso Agrícola nos solos do Cerrado	13
2.2 Aplicação de gesso no Sistema Plantio Direto	15
2.3 Critérios para recomendação de gesso	17
2.4 <i>Azospirillum brasilense</i> no crescimento e desenvolvimento radicular	20
2.5 Importância da soja.....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5. CONCLUSÃO.....	33
6. REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

O gesso agrícola vem desempenhando papel de suma importância, tanto no Sistema plantio direto (SPD), como também na integração lavoura pecuária (ILP), pois em ambos os sistemas, o seu uso promove diversos benefícios às plantações, sobretudo ao sistema radicular, o qual passa a se desenvolver de modo a explorar mais o perfil do solo, com aprofundamento e consequente aumento da eficiência de absorção de água e nutrientes pelas raízes.

Bem como, nas áreas cultivadas do Cerrado, a utilização de gesso agrícola vem sendo adotada como uma alternativa para melhorar a condição química do solo, pois promove redução na toxidez por Al^{3+} , e oferece nutrientes como, Cálcio (Ca) e enxofre (S), que desempenham funções importante para com o crescimento e desenvolvimento das plantas (Chatzistathis *et al.*, 2015).

A soja (*Glycine max* (L)), é uma planta pertencente à família Fabaceae, que tem sido de grande relevância para a movimentação econômica a níveis nacionais e internacionais. Concomitante a isso, além da participação na nutrição humana e animal, possui uma parcela de relevância na produção de biocombustível, fonte de energia do tipo renovável (Landau *et al.*, 2020). De acordo com o USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, 2024), a produção de soja no ciclo 2024/2025, no Brasil, está estimada em 169 milhões de toneladas, volume que não apresentou um aumento considerável em relação ao obtido na safra anterior, mas que ainda está em franca expansão devido sua grande importância.

De acordo com a FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, 2009), em 2022 o número de pessoas que passaram fome no mundo aumentou em 122 milhões de pessoas em relação a 2019, e até 2050, estima-se que a população mundial seja de 9 bilhões de pessoas. Assim, a produção de alimentos deve ser aumentada, e para suprir esses números deve ser realizado um aperfeiçoamento nas técnicas de produção e galgar maior produtividade nas áreas já cultivadas.

Em relação aos solos do Cerrado, há uma certa limitação no que diz respeito a determinar a melhor ou ideal metodologia de recomendação da dose de gesso, com a maior afinidade de correlação com a produtividade agrícola. Logo, é interessante a utilização de trabalhos de pesquisa que envolvam um período de tempo maior de

avaliação (efeito residual), assim sendo, é possível analisar com maior clareza a movimentação do gesso em um perfil de solo ao decorrer desse período, e como mencionado, verificar o desenvolvimento das raízes atrelado a eficiência na capacidade de absorção de água e nutrientes.

Associado a utilização de gesso agrícola e fertilizantes, podem ser também utilizados bioinsumos, como bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP), que são do grupo de microrganismos que oferecem benefícios às plantas devido à habilidade de colonizar a superfície das raízes, rizosfera, filosfera e tecidos internos das plantas (Davison, 1988; Kloepper *et al.*, 1989). Dentre as quais a *Azospirillum brasilense* é BPCP que também realiza a fixação biológica de Nitrogênio, e tem sido utilizada em sementes de gramíneas (Reis, 2007), promovendo maior exploração de perfil do solo e por consequência aumento na absorção de água e nutrientes, desenvolvendo uma planta mais sadia. Outro benefício desta bactéria é o aumento da produtividade, sem gerar danos ao meio ambiente e minimizando os massivos custos com fertilizantes minerais (Dalolio *et al.*, 2018).

Assim, o trabalho de pesquisa objetivou em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, no Cerrado, avaliar o efeito residual da aplicação de doses de gesso agrícola ao solo em 2017, seguindo a metodologia proposta por Caires e Guimarães (2016) que se baseia na capacidade de troca catiônica (CTC) do solo e sua correlação com a produtividade da soja em área inoculada ou não com *Azospirillum brasilense* na safra 2023/24.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A importância do Gesso Agrícola nos solos do Cerrado

De acordo com Caires *et al.*, (2003), o alumínio manifesta-se de diversas formas no solo, o Al^{3+} , é um elemento que quando presente, é tóxico para algumas espécies agricultáveis, alguns trabalhos de pesquisa, deixam explícitos que quando a planta é intoxicada com Al^{3+} , a raiz sofre uma coibição no que diz respeito ao crescimento, desse modo conduzindo a planta a um cenário abominável, como deficiência mineral e ao estresse hídrico (Pereira, 2021).

Quando o solo apresenta um pH abaixo do desejável, a acidez se incumbe em prejudicar o crescimento, desenvolvimento e produtividade de uma ampla gama de espécies agricultáveis. Considera-se que 50% dos solos agrícolas do mundo são ácidos, ou seja, possuem o pH abaixo do desejado e a consequência desta característica é a toxicidade por Al^{3+} , pouca oferta de nutriente, desvalorização física e biológica do solo (Prochnow *et al.*, 2016).

Em relação a área agricultável do Cerrado, em torno de 70%, manifestam na subsuperfície (camada abaixo de 0,20 m) saturação por Alumínio (m%) acima de 10%, sendo essa grandeza maléfica para o crescimento radicular das plantas. Ademais do alumínio (Al^{3+}), em torno de 86% destas áreas apresentam faixas de cálcio (Ca) abaixo de $4\text{ mmol}_c\text{ dm}^{-3}$ na subsuperfície, atravancando o progresso das raízes, prejudicando a absorção de água e nutrientes (Sousa e Lobato, 2004).

O gesso agrícola apresenta teores de aproximadamente, 20% de Cálcio (Ca), 15% de enxofre (S), 0,7% de P_2O_5 e 0,6% de flúor (Vitti *et al.*, 2008). A lixiviação de certos elementos para as camadas mais inferiores do solo é promovida pelo ânion sulfato; sendo Potássio (K) e Magnésio (Mg), desse modo é fundamental a cautela com a dosagem aplicada (Caires *et al.*, 2003), tendo como objetivo obstar a redução da eficiência de absorção de tais elementos pelas plantas em conformidade com uma possível percolação para áreas de complexa absorção pelas raízes das plantas (Quani, 2021).

Entre as proporções que asseguram uma superior absorção pelas plantas, estão presentes as que beneficiam um melhor desenvolvimento das raízes, sendo em quantidade e profundidade. Quando em camadas superficiais a anulação do alumínio no solo, um dos influenciadores que reprimem o desenvolvimento das raízes,

habitualmente é realizado pela incorporação de calcário. Todavia, uma restrição do uso de calcário e o modo como esse produto se mobiliza no solo, empece a neutralização do alumínio presente nas camadas mais profundas do solo (Sousa e Lobato, 2004).

Desse modo, uma outra possibilidade para a neutralização do Alumínio (Al) é a utilização e aplicação de gesso agrícola, sendo um subproduto do desenvolvimento de fertilizantes fosfatados e exerce a função de condicionador do solo, por apresentar em sua composição Ca (Cálcio) e S (Enxofre). Em camadas mais profundas, os nutrientes citados anteriormente viabilizam o maior desenvolvimento de raízes (Sumner *et al.*, 1986; Carvalho e Raij, 1997). Contudo a aplicação de gesso possibilita, de maneira indireta, uma proteção à planta a exposição ao déficit hídrico, em conjunto com o fornecimento de nutrientes primordiais para o progresso das culturas (Santos *et al.*, 2020).

A aplicação de gesso agrícola na superfície do solo é executada com o objetivo de beneficiar as condições químicas no subsolo, sendo capaz de realizar o que o calcário não consegue suprir com rapidez e eficiência, alocando o cálcio nas camadas mais profundas do solo. Esses fatores beneficiam o desenvolvimento radicular, provendo pelas raízes um maior esmiuçamento do volume de solo, desse modo as plantas se beneficiam, em virtude da maior capacidade de absorção, dos nutrientes oriundos do solo e dos fertilizantes, sobretudo o Nitrogênio (N), na forma de nitrato (NO_3^-) (Pereira, 2021).

Tanto em SPD como ILP, a utilização de gesso agrícola, tem apresentado efeitos benéficos, concedendo condições para maior exploração no perfil do solo, pelas raízes e como consequência, maior ciclagem dos nutrientes, galgando a eficiência de uso, pelos cultivos sucessivos (De Moraes *et al.*, 2016).

Em vista disso, o gesso agrícola não neutraliza os íons de H^+ da solução, não interferindo no pH do solo como o calcário, mas tem como preponderantes os benefícios da capacidade de redução da toxicidade por Al^{3+} , que está correlacionada com a acidez do solo, quando em pH abaixo de 5,0 o alumínio se encontra na forma de Al^{3+} solúvel, que é tóxico às raízes das plantas, tendo como resultante, limitação do alongamento, engrossamento, restrição da ramificação radicular, desarranjando a absorção de água e nutrientes pelas plantas (Caires e Guimarães, 2016).

2.2 Aplicação de gesso no Sistema Plantio Direto

Para obter altas taxas de produtividade, exige-se cautela para os componentes químicos, físicos e biológicos do solo, além da superfície, também as camadas subsuperficiais, substancialmente nos períodos de estiagem, episódio corriqueiro em regiões do Cerrado. A maneira de se manejar o solo, utilizada pelo produtor, SPD ou convencional, é crucial para o progresso da lavoura e para os ganhos e retornos de investimento do produtor (Cristovam, 2021).

Nos últimos anos, a utilização de gesso vem evoluindo, especialmente após a estabilização do SPD. No sistema referido anteriormente, considerando as condições, o efeito do calcário que possui uma limitação de solubilidade se circunscreve as camadas superficiais do solo, desse modo o solo permanece úmido, com altas concentrações de alumínio, limita o crescimento radicular em virtude de sua toxicidade (Doneux, 2021).

O SPD é uma prática utilizada, que tem por finalidade servir como um método alternativo de preparo reduzido do solo. A palhada remanescente por culturas de cobertura sobre a superfície do solo, atrelada aos resíduos das culturas comerciais, origina um cenário favorável ao crescimento vegetal, promovendo a estabilização da produtividade e para recuperação ou manutenção das características e propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, de maneira que seus atributos qualitativos sejam contemplados (Sachetti, 2021).

Em virtude da inserção do SPD no cenário nacional, dessemelhante ao sistema convencional, o revolvimento do solo passou a ser específico na linha de semeadura. Desse modo, em perfis de solo mais profundos, principalmente o Al^{3+} tóxico, sua correção total e qualidade, se tornou um obstáculo a ser superado, cogitando a baixa solubilidade do calcário e sua aplicação em superfície sem incorporação. Em alguns episódios os agricultores suspendem as operações de aração e gradagem, ou seja, o revolvimento de solo, porém não realizam as correções fundamentais dos perfis, tanto em parâmetros nutricionais, quanto em adversidades de compactação do solo (pé-de-arado), culminando em um sistema pífio e limitante para/ao crescimento radicular das plantas (Quani, 2021).

A neutralização do Alumínio tóxico, aumento de pH, promoção da adição de magnésio e cálcio para o solo, são viabilizados pela utilização de calcário, gerando condições ideais para o crescimento radicular e como consequência, propiciando uma

maior absorção de água e nutrientes pelas plantas. Todavia, no SPD, esse produto é aplicado sobre a superfície, sem incorporação (Caires *et al.*, 2003), proporcionando implicações superficiais (Pauletti *et al.*, 2014).

A toxidez por Al e a deficiência de Ca são as principais restrições químicas para o desenvolvimento radicular, sendo evidenciadas pelo estresse hídrico ou pelo estresse nutricional (Costa *et al.*, 2015). No sistema Convencional, essa adversidade era resolvida por meio do revolvimento do solo, posteriormente a calagem. Entretanto, essa prática não é factível para áreas com o SPD consolidado (Caires *et al.*, 2003), permitindo com que a aplicação de gesso seja uma possibilidade para elevar o teor de cálcio e reduzir a toxicidade do Al em profundidade.

O principal insumo utilizado para a correção da acidez no solo, é o calcário, no sistema convencional, sendo aplicado e mantido em superfície, sem incorporação. Diversos trabalhos notabilizam que a aplicação de calcário em superfície (sem incorporação), no SPD, elevam o pH, teores de Ca e de Mg e a saturação por bases, além de restringir a acidez potencial na camada superficial do solo e também em subsuperfície (Chatzistathis *et al.*, 2015; Mosquera-losada *et al.*, 2015; Pagani, Mallarino, 2015).

Não obstante, os resultados são incoerentes e, independentemente das evidências otimistas do efeito do calcário em profundidade, este é inerente a alguns fatores associados ao próprio calcário, além do clima e das práticas de manejo do solo que assegurem a preservação de uma estrutura com atributos de qualidade e elevação no teor de matéria orgânica, essenciais para privilegiar a atividade de minhocas e outros organismos biológicos incumbidos pela constituição de bioporos, por onde o calcário tem a possibilidade de movimentação vertical (Amaral *et al.*, 2004).

E como consequência, determinadas áreas apresentaram infortúnios no subsolo (abaixo de 0,20 m), definidos por inferiores teores de Ca e superiores teores de Al, restringindo o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, principalmente em períodos de déficit hídrico. Perante a essa realidade, a aplicação superficial de gesso agrícola pode retratar uma possibilidade para acepilhar o ambiente radicular nas camadas subsuperficiais (Doneux, 2021).

Perante a esse cenário, o gesso agrícola se torna um produto para contemplar a resolução dessa adversidade no SPD, a contar do momento que atrelado ao calcário que, fornece Ca e Mg, porém é pouco móvel no perfil, conglomerando seus resultados

na superfície, principalmente num curto prazo. Em contrapartida, o gesso possui uma mobilidade e aprimora o ambiente radicular em subsuperfície. Como condicionador de solo, o gesso tem uma solubilidade habitualmente rápida, de aproximadamente $2,5 \text{ g L}^{-1}$ (Korndörfer, 2016).

Em relação a disponibilidade de S pelo gesso agrícola, é de suma importância, em virtude de ser um nutriente que em grande parcela dos solos brasileiros, manifestam baixos teores, em função, principalmente, a utilização de fertilizantes ausentes do nutriente em sua composição, concomitante pela lixiviação que ocorre do sulfato com as práticas de calagem e fosfatagem. Boa parte do enxofre advindo da matéria orgânica, como exemplo, a palhada gerada pelo SPD (Cristovam, 2021).

Desse modo, o gesso agrícola tem sido empregado com uma alternativa para a elevação dos teores de concentração de Ca e S em profundidade, restringindo a toxicidade do alumínio, sendo que a dose correta a ser utilizada depende do objetivo de aplicação, tipo de solo e sistema de cultivo da cultura de enfoque (Kost *et al.*, 2014).

2.3 Critérios para recomendação de gesso

Com o intuito de estabelecer um parâmetro ideal de recomendação de gesso agrícola, deve-se escrutinar determinadas características do solo, tais como, textura (% de argila) (Sousa e Lobato, 2004) e até mesmo sua mineralogia (Tipo de argila e consequentemente CTC), saturação por bases (V%) e CTC efetiva das camadas subsuperficiais (Vitti *et al.*, 2008), teor de matéria orgânica e da espécie vegetal cultivada. Todavia, uma metodologia que ampara todos esses parâmetros não existe na literatura.

As culturas anuais, em um primeiro momento deve ser realizado uma diagnose do solo com amostragem nas profundidades de 0,20 m a 0,40 m e de 0,40 m a 0,60 m, e para as culturas perenes amostrar, as camadas de 0,60 m a 0,80 m, como é elucidado pela metodologia de Sousa e lobato (2004), mas de acordo com os autores, se sobrevir empecilhos na amostragem sugerida, há a possibilidade de executar a amostragem apenas na profundidade de 0,30 m a 0,50 m. Posteriormente a amostragem, essas amostras são encaminhadas para o laboratório para realização da análise química requisitando a determinação do teor de argila, sem levar em consideração sua mineralogia. Seguidamente a essas etapas, com os resultados analisados, certifica-se a m%, e que caso esteja superior a 20% ou os teores de Ca forem inferiores a 5 mmolc dm^{-3} , é preconizado a aplicação de gesso ao solo

amostrado, como fonte de Ca ou corretivo de Al, mas não considerando outras vantagens desta prática.

Desse modo, a quantidade sugerida da dose de gesso (D.G.) a ser aplicada para as culturas anuais e perenes, necessita exclusivamente do teor de argila do solo, com a possibilidade de ser empregado as seguintes fórmulas, ou com base nos dados da classificação textural do solo para as culturas anuais e perenes (Tabela 1).

Culturas anuais: D. G. (kg/ha) = 50 × % Argila

Culturas perenes: D. G. (kg/ha) = 75 × % Argila

Tabela 1 - Recomendação de gesso agrícola (15% de S) em função da classificação textural do solo para culturas anuais e perenes

Textura do Solo	Dose de gesso agrícola	
	Culturas anuais kg ha ⁻¹	Culturas perenes
Arenosa	700	1050
Média	1200	1800
Argilosa	2200	3300
Muito argilosa	3200	4800

Fonte: Sousa e Lobato (2004)

As recomendações de gesso pelas especificações acima citadas, segundo os autores, apresentam um efeito residual, na qual dependendo do solo, tem a possibilidade de se prolongar por até 15 anos.

Segundo a metodologia de Sousa *et al.*, (2005), na qual consiste na recomendação de gesso, embasada na amostragem do solo na camada de 0,20 m a 0,40 m ou 0,30 m a 0,50 m, com fundamentos na análise química e novamente levando em consideração exclusivamente o teor de argila (%) do solo, sem correção pela CTC oriunda de mineralogias dessemelhantes, na qual sugere-se a aplicação de gesso no momento que a análise de solo expressar teores de Ca inferiores ou iguais a 0,5 cmol_c dm⁻³ e a m% for superior ou igual a 20%, ponderando a consecutiva fórmula em função do teor de argila do solo:

$NG \text{ (kg/ha)} = 50 \times \% \text{ Argila (\%)} \text{ ou } NG = 5,0 \text{ ou } \times \text{ argila (g/kg)}$

É proposto que o carecimento da aplicação de gesso segundo (Vitti *et al.*, 2008)

é estabelecido pela análise de solo de amostragem nas profundidades de 0,20 m a 0,40 m e 0,40 m a 0,60 m para as culturas anuais, e 0,60 m a 0,80 m para culturas perenes, tornando-se indispensável, considerando o método de recomendação, também a determinação do teor de argila. Ocorrerá ampla capacidade de resposta ao gesso, no momento que as análises expressarem as seguintes condições:

- Teores de Ca inferiores que $5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, ou
- Teores de Al superiores a $5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ou m% maior que 20 %, ou
- Saturação por bases menores que 35%.

Caso as análises efetuadas seguirem as especificações referidas anteriormente, sendo sugerido aplicar gesso agrícola em conformidade com a seguinte equação de (Vitti *et al.*, 2008):

$$NG (t/ha) = \frac{(V2-V1) \times CTC}{50}$$

Onde as seguintes informações são dadas em porcentagem:

NG é a demanda de gesso ($t \text{ ha}^{-1}$);

V2 é a saturação por bases galgadas;

V1 é a saturação por bases presente do solo;

CTC, a capacidade de troca de cátions (em $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

Na qual V1 e CTC são examinadas na camada de 0,20 m a 0,40 m ou de 0,25 m a 0,50 m. Já em conformidade com o SPD, segundo as recomendações de (Raij *et al.*, 1996), não há um método de recomendação ainda estabelecido, entretanto os autores acatam que 60 kg de gesso necessita serem aplicados por ponto percentual de argila, para solos do estado de São Paulo, no momento em que os teores de Ca forem inferiores ou iguais a $4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, teor de alumínio superior a $5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e/ou saturação por Al for maior ou igual a 40% e conforme o teor de argila no solo, deve-se empregar a seguinte fórmula:

$$NG (kg/ha) = 6 \times g/kg \text{ de argila ou } 60 \times \% \text{ Argila}$$

Na camada analisada de solo de 0,20 m a 0,40 m, Caires e Guimaraes (2016), aferiram metodologia para a recomendação de gesso agrícola na porção sul do Brasil, promovendo a elevação da saturação por Ca na CTCe (Efetiva) do subsolo a 60%, ou seja, aplicar gesso, para o solo com saturação por Ca na CTCe inferior a 50%. Em concordância com este método, os autores recomendam empregar a subsequente fórmula:

$$NG (kg/ha) = (0,6 \times CTCe - \text{Teor de Ca } [cmol/dm^{-3}]) \times 6,4$$

No momento em que não houver a exigência de gesso como condicionador de subsuperfície, é indispensável analisar os teores de S, sobretudo na camada de 0,20 m a 0,40 m, pois caso os teores sejam abaixo de 15 mg dm^{-3} de enxofre, é sugerido uma dose de aproximadamente 500 kg por hectare de gesso, considerando os aspectos operacionais e a adubação de sistemas.

A metodologia para a utilização de doses de gesso agrícola, segundo Caires e Guimarães (2016), com o objetivo de melhorar subsolos ácidos em SPD, levando em consideração a camada de solo diagnosticada de 0,20 m a 0,40 m, é indispensável executar a gessagem, respeitando os critérios:

- Teor de Ca for inferior ou igual a $0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
- Saturação por Ca na CTCe for inferior a 60 %
- Teor de Al for superior ou igual que $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
- Saturação por Al for superior ou igual a 20 %

Empregando assim, as seguintes fórmulas em conformidade com:

Teor de Argila (%): $NG \text{ (kg/ha)} = 5 \times \text{Argila (g/kg)}$

Saturação por Bases (V%): $NG \text{ (t/ha)} = (50 - V\%) \times \frac{CTC}{50}$

Desse modo os mecanismos explicitados usufruem exclusivamente os teores de argila, e/ou de Ca, e/ou m% em subsuperfície para recomendação de gessagem. Exclusivamente Caires e Guimarães (2016) compreendem a CTC como parâmetro para ajustar a dose de gesso em conformidade com a capacidade do solo em reter cátions, em contrapartida (Vitti *et al.*, 2008), leva em conta a saturação por bases, todavia, pela divisão simples na fórmula pelo fator 500, sem retratar a verídica correção pela solubilidade do gesso. Desse modo, as avaliações que abordam as metodologias de recomendação de gessagem em sistemas de produção agropecuária no Cerrado, necessitam abordar análises de correlação no tempo e no espaço (profundidade do solo) com a produtividade agrícola, levando em conta o objetivo de ajustar doses e determinar qual metodologia deve ser recomendada nestas circunstâncias.

2.4 *Azospirillum brasilense* no crescimento e desenvolvimento radicular

Em meados da década de 1970, a pesquisadora da EMBRAPA, Dra. Johanna Döbereiner, ganhou um destaque frente ao cenário mundial, ao descobrir que as bactérias do gênero *Azospirillum*, podiam desenvolver a promoção de fixação

biológica de nitrogênio (FBN), quando vinculadas às gramíneas (Hungria, 2011).

Habitualmente utilizada na agricultura, a espécie *A. brasilense*, participa da inoculação em sementes de gramíneas, como milho, trigo ou para co-inoculação de sementes de leguminosas como a soja, associada com a bactéria *Bradyrhizobium* (Reis, 2007). As bactérias diazotróficas de vida livre, excepcionalmente as pertencentes ao gênero *Azospirillum*, além de amparar a fixação biológica de nitrogênio FBN, tem como particularidades a promoção de uma maior potencialização de nodulação, nas leguminosas e maior desenvolvimento radicular nas culturas inoculadas (Ferlini, 2006).

Essa técnica de associar *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense*, fomenta o número e massa de nódulos em plantas de soja, em comparação às não inoculados, ou inoculadas somente com *Bradyrhizobium japonicum*. A *Azospirillum* incrementa o aumento de pelos radiculares, desse modo aumentando o crescimento radicular, e como consequência em uma precoce formação de nódulos (Gitti *et al.*, 2012; Chibeba *et al.*, 2015).

2.5 Importância da soja

Frente ao agronegócio, o Brasil possui uma alta relevância para o cenário mundial, na qual o setor possui uma responsável parcela do PIB, cerca de 21,5%, em 2024 (CEPEA). A soja é o principal produto da produção Brasileira, na qual o volume total colhido na safra 2023/2024 é estimado em 147,38 milhões de toneladas (Conab, 2024).

É utilizada principalmente com o intuito de obter e produzir, óleo e proteína, sendo uma planta anual. Os produtos e subprodutos obtidos possuem diversas finalidades, como exemplo a casca de soja, que pode ser empregada na alimentação de ruminantes, como a produção de biodiesel. Sendo fontes comerciais para a produção de etanol, fibra dietética, microfibrilas, polissacarídeos e pectina, e com potencial para serem transformados em forma útil de energia, como bio-óleo por processo termoquímico (Silva *et al.*, 2019).

Um dos maiores produtores na atualidade é o Mato Grosso, região que no passado a ideia de se cultivar soja, era distante, levando em consideração que os solos do cerrado possuíam o acesso restrito e solos com baixa fertilidade (Zilio, 2019).

Porém com o desenvolvimento de novas tecnologias que contribuem com uma

maior sustentabilidade, produtividade e lucratividade do sistema, assegurando melhores condições nas particularidades do solo. De acordo com (Taffarel *et al.*, 2016), o cultivo da soja em sistema Integração Lavoura-Pecuária (ILP) vem ganhando destaque, especialmente na região Sul, pois são implantadas sobre os resíduos de cereais cultivados no inverno.

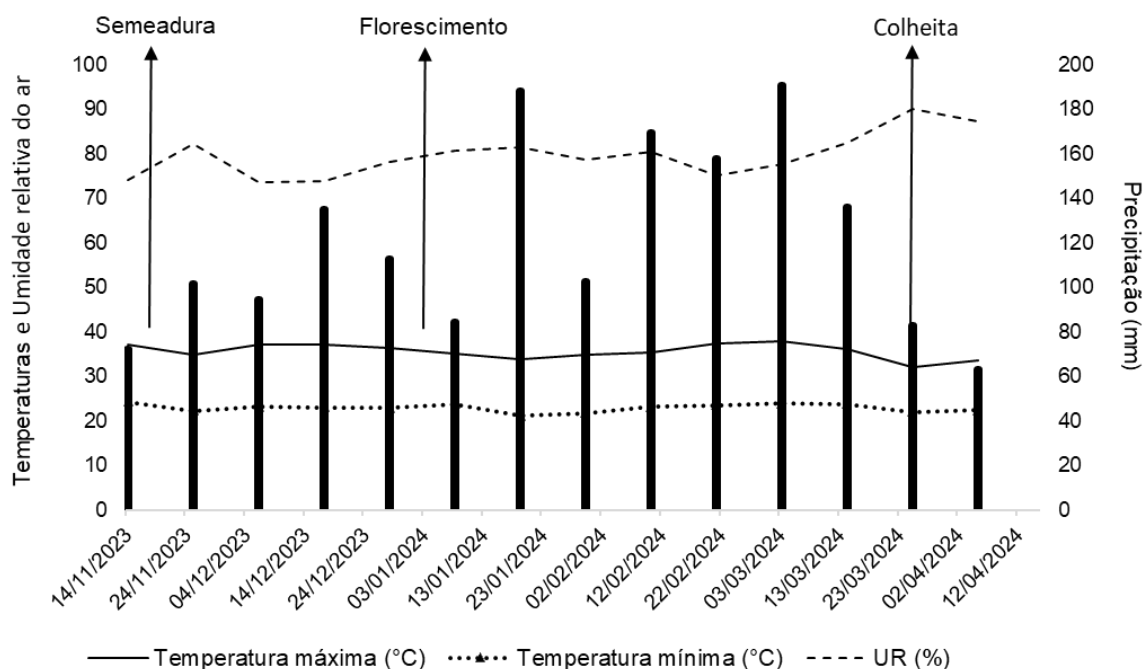
3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho de pesquisa, é componente de um experimento de longa duração, desenvolvido desde 2017, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) em área da FE/UNESP, situada no município de Selvíria, estado de Mato Grosso do Sul (20°20'33"S e 51°24'06"W, altitude de 360 m).

O clima presente é o AW, que se caracteriza por ser tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, segundo a classificação de Köppen (2001). Durante o período de condução da pesquisa foram coletados os dados climáticos em estação meteorológica próxima à área experimental (Figura 1).

O solo da área experimental na qual o trabalho foi conduzido é um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, De acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS *et al.*, 2020). Cujo histórico é de culturas anuais em SPD há 12 anos.

Figura 1- Temperaturas médias, umidade relativa média e precipitação durante a condução do experimento na safra 2023/2024.



Fonte: Produção do próprio autor.

O gesso agrícola foi aplicado à lanço ao solo e sem incorporação, em setembro de 2017, respeitando as doses em função da metodologia de Caires e

Guimarães (2016), para a utilização de gesso Agrícola em SPD, sendo que a camada diagnóstica foi de 0,20 m a 0,40 m.

Após a aplicação de gesso agrícola ao solo, foi instalado o cultivo sucessivo da soja (novembro de 2017 a março 2018), sorgo em consórcio com *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás (março a julho de 2018), milho em consórcio com capim Massai (novembro de 2018 a março de 2019), aveia preta (junho a outubro de 2019), soja (novembro de 2019 a março de 2020), aveia preta (junho a outubro de 2020), soja (novembro de 2020 a março de 2021), aveia preta (junho a outubro de 2021), milho em consórcio com capim Paiaguás (novembro de 2021 a março de 2022), soja (novembro de 2022 a março de 2023), sorgo granífero em consórcio com capim Piatã (março a setembro de 2023).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, em esquema fatorial 5x2, sendo cinco doses de gesso agrícola aplicadas em 2017, segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016), com ou sem a inoculação das gramíneas antecessoras com *Azospirillum brasilense* (na dose de 150 mL para cada 25 kg de sementes (estirpes Ab-V5 e Ab-V6 - 9×10^8 UFC/mL). As doses de gesso agrícola foram as seguintes: 0 (controle); 2,9 ($\frac{1}{2}$ dose); 5,7 (dose da metodologia padrão); 8,5 (1,5 x da dose) e 11,4 t ha⁻¹ (dobro da dose padrão), conforme a fórmula:

$$NG \text{ (kg/ha)} = (0,6 \times CTCe - \text{Teor de Ca [cmol/dm}^3]) \times 6,4$$

Onde “NG” representa a necessidade de gessagem, dada em kg ha⁻¹, CTCe é a capacidade de troca catiônica efetiva, e o Ca corresponde ao teor de cálcio, dado em cmol_c dm⁻³ na camada de 0,20 a 0,40 m do solo (Tabela 2).

Tabela 2. Atributos químicos do solo nas camadas 0-0,20 e 0,20-0,40 m, antes da aplicação das doses de gesso agrícola (2017).

Camada	P-resina	S	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
m	---mg dm ⁻³ --	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----mmol _c dm ⁻³ -----								---%---	
0,00 a 0,20	37	7,0	27	4,6	2,5	29	19	42	2,0	50,5	92,5	55	4
0,20 a 0,40	17	4,0	20	4,6	0,8	18	12	34	2,0	30,8	64,8	48	6

Cada unidade experimental foi disposta com as dimensões de 9 metros de largura e 6,3 metros de comprimento, desse modo constituindo 56,7m².

Posteriormente à colheita do sorgo para ensilagem no cultivo de outono/inverno de 2023, o capim Piatã oriundo do consórcio com sorgo permaneceu em franco crescimento até o dia 06/11/2023, o qual foi utilizado para produção de palhada e cultivo da soja em sucessão. No dia seguinte, as plantas remanescentes nas parcelas foram submetidas à dessecação por herbicida Glyphosate (1560 g ha^{-1} do i.a.), com o objetivo de constituir palhada e continuação do SPD, para o cultivo da soja.

A semeadura da soja, o enfoque do estudo realizado, posteriormente ao capim Piatã, foi realizada no dia 16/11/2023, sendo nas mesmas áreas que parcelas anteriores, utilizando o espaçamento de 0,45 m nas entrelinhas e 14,5 sementes por metro linear. A cultivar utilizada foi a 80HO109 IPRO, que é caracterizada por ser de crescimento indeterminado e de bom potencial produtivo.

A adubação de semeadura foi realizada com 238 kg ha^{-1} do formulado 08-28-16, e a inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* (Estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080) na dose 150 mL/40kg de sementes, na formulação líquida, realizada momentos antes da semeadura.

No momento do florescimento (estádio R1-R2), em 09/01/2024, foi realizada a coleta de 3 plantas por unidade experimental e posteriormente a contagem do número de nódulos por planta, com intuito de mensurar e avaliar a nodulação da soja e seu potencial de fixação de nitrogênio.

No período final do ciclo produtivo da soja (R8), foram determinados os componentes da produção e produtividade dos grãos da cultura. A colheita foi realizada no dia 01/04/2024, instante em que foram coletadas 10 plantas por unidade experimental contagem do número de vagens por planta, de grãos por planta, de grãos por vagem e separadas 4 amostras de 100 grãos para pesagem e determinação da massa de 100 grãos (13% de umidade - base úmida). Concomitantemente, realizou-se a contagem do número de plantas em 9 metros lineares, para cálculo da população final de plantas por hectare. Nas mesmas 10 plantas utilizadas para determinação dos componentes da produção foram mensurados os componentes morfológicos de altura das plantas e de inserção da primeira vagem.

Para a determinação da produtividade de grãos, as plantas da área útil de cada unidade experimental (3 linhas de 3 metros de comprimento), foram colhidas e expostas a secagem. Posteriormente a secagem, as mesmas foram sujeitas a trilhagem mecanizada e no mesmo momento, pesando-se os grãos de cada parcela,

sendo os dados configurados em kg ha^{-1} (13% base úmida).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$). As médias para o fator da inoculação foram comparadas por teste t a 5% de probabilidade e regressão polinomial para o fator de residual das doses de gesso. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR® (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as análises dos componentes de produção (Tabela 3), em relação ao agente residual das doses de gesso agrícola, não houve ajuste de regressão. Entretanto, nas áreas inoculadas, houve maior produtividade de grãos e em quase todos os componentes de produção, evidenciando o efeito profícuo das bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) a respeito do desenvolvimento e produtividade da soja.

Tabela 3: Análise de variância para os componentes da produtividade com ausência e presença de *Azospirillum brasilense* e doses de gesso residual na cultura da Soja. Selvíria – MS, 2023/24.

	AltP	EstP	AIPV	NVP	NGP	NGV	M100	NNP	PG
	m		m				g		kg ha ⁻¹
Inoculação									
sem	0,93 b	192444	0,28	41,4 b	78 b	1,85 b	13,6 b	10,2 b	2493 b
com	0,98 a	182889	0,28	49,6 a	100 a	2,01 a	15,6 a	20,3 a	3400 a
Doses de Gesso (D – Mg ha⁻¹)									
0	0,96	183333	0,27	50	96,3	1,91	14,6	14,75	2994
2,9	0,96	183055	0,29	45,9	90,7	1,95	14,6	13,42	2779
5,7	0,97	198055	0,29	41,5	80,8	1,95	14,6	13,42	3125
8,5	0,95	191944	0,29	46,5	92,1	1,93	14,6	16,96	2978
11,4	0,96	181944	0,28	43,7	82,9	1,89	14,6	17,12	2855
Valores de F									
Inoc	0,02*	0,18ns	0,73ns	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*
Doses	0,92 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,16 ^{ns}
Inoc*Doses	0,96 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,23 ^{ns}
CV%	5,4	11,84	7,92	19,57	21,41	9,04	9,33	5,13	9,62
Média Geral	0,96	187667	0,29	45,51	88,4	1,93	14,6	12,1	2946

^{ns}= não significativo (P<0,05); *= significativo (P<0,05); CV= coeficiente de variação; Inoc= inoculação; AltP (Altura de planta); EstP (Estande de planta); AIPV (Altura de inserção da primeira vagem); NVP (Número de vagens por planta); NGP (Número de grãos por planta); NGV (Número de grãos por vagem); M100 (Massa de 100 grãos); NNP (Número de nódulos por planta); PG (Produtividade de grãos).

A *Azospirillum brasilense*, contribui para o desenvolvimento radicular das gramíneas (Galindo *et al.*, 2020). Como resultado deste efeito, ocorre um favorecimento da superfície do solo para absorção de água e nutrientes. Deste modo,

a prática de realizar a inoculação de BPCP, auxilia a garantir insumos, nutrientes e protetores, requeridos por sistema de agricultura sustentável.

A *A. brasilense* tem a capacidade de fomentar consideravelmente o crescimento de raízes segundo Molla *et al.* (2001) em estudo de laboratório, desse modo ocasionando uma interferência positiva no crescimento e desenvolvimento da planta. Diante disso, pode ser esclarecido o resultado significativo proveniente da inoculação de *Azospirillum* aos outros tratamentos, levando em consideração que a bactéria contribui para um maior crescimento radicular, promovendo uma maior exploração do solo e absorção de nutrientes.

Com a capacidade de colonizar o solo e plantas os procariotos, BPCP possuem a capacidade aos seus hospedeiros por artifícios como: Fixação Biológica de nitrogênio, produção de fitormônios, solubilização de nutrientes e proteção contra estresses bióticos e abióticos (Takahashi, 2022). Há uma semelhança de resultados em trabalhos na literatura como de Okon e Labandera Gonzalez (1994), Bashan e Holguin (1997) e Bashan *et al.* (2004). No qual expressam que a *Azospirillum brasilense* propicia o crescimento e a produtividade de diversas espécies de plantas, desse modo, em uma grande parcela dos trabalhos de pesquisa realizados, em mais da metade, ocorreu um aumento significativo na produção de gramíneas, em cerca de 5 a 30%.

As BPCP, contribuem para múltiplos artifícios na nutrição nitrogenada das culturas (Portugal *et al.*, 2017). Pode ser enfatizado também a produção de hormônios, que influenciam no crescimento das plantas e têm a possibilidade de modificar a morfologia das raízes, criando cenário para a exploração de maior volume de solo e a fixação biológica do N₂. Portanto, *Azospirillum brasilense* via sementes, pode beneficiar a cultura do sorgo e do capim em consórcio e em sucessão a soja, suplementando o desenvolvimento das raízes pela cultura, e reduzindo o uso de fertilizante nitrogenado.

Determinados trabalhos têm apresentado como ferramenta opcional para o gerenciamento de dispêndios com fertilizantes, a utilização da inoculação das sementes por bactérias diazotróficas, e segundo Freitas (2022), em evidência diante dos diferentes gêneros, destaca-se a *Azospirillum brasilense*.

Infere-se que a utilização de inoculantes compreendendo cepas selecionadas de *Azospirillum brasilense*, possibilita uma redução US\$ 2 bilhões por ano em

fertilizantes minerais, reduzindo conjuntamente os dispêndios com transporte e diminuição na poluição culminante do sistema de produção de fertilizantes nitrogenados. Desse modo, nota-se que os trabalhos desenvolvidos com plantas leguminosas se datam no início do século XX, viabilizando um incremento na prática de inoculação de sementes com bactérias simbióticas. Porém, os trabalhos com gramíneas são mais atuais, entretanto nota-se que os resultados expressam efeitos positivos (Rosário, 2013).

Quando o gesso agrícola é utilizado, as peculiaridades químicas do solo têm potencialidade para serem transformadas, desse modo fazendo com que o solo seja mais propício para a transposição pelas raízes das plantas, tendo em vista que o SPD é cada vez mais utilizado, em contrapartida ao revolvimento do solo nos sistemas produtivos que está sendo reduzido (Rampim *et al.*, 2011).

O gesso agrícola também oferta Ca^{2+} e SO_4^{2-} ; Segundo Rampim *et al.* (2011), o gesso também dispõe Ca^{2+} e SO_4^{2-} , auxiliando na restrição dos teores de Al^{3+} e alça os teores de Ca^{2+} , sobretudo em camadas mais profundas do solo. Grandes doses de gesso agrícola aplicadas, têm potencial para lixiviar nutrientes fundamentais para a evolução e absorção pelas plantas, como Potássio (K^+), Magnésio (Mg^{2+}) entre outros, isso ocorre em virtude da elevada concentração de Ca^{2+} guarnecido pela gessagem. Além do mais, as doses altas de gesso têm a potencialidade de auxiliar na melhoria da saúde do solo (Ghisleni *et al.*, 2020). Desta forma, em relação aos resultados não significativos pelas doses de gesso, pode-se concluir que houve melhoria da qualidade do solo sob SPD há mais de 12 anos, apesar de não ocorrer ajuste de regressão para residual das doses de gesso.

Apesar de não ocorrer resultados significativos em relação ao gesso agrícola, o mesmo proporciona melhorias no ambiente radicular, pois promove a elevação no teor de cálcio em profundidade, redução da saturação por alumínio (m%) e diminui a absorção de Al pelas raízes. O gesso também proporciona elevação nos teores de Ca e diminuição da saturação por alumínio em subsuperfície, viabilizando maior desenvolvimento do sistema radicular e culminando em uma melhoria na absorção de água e de nutrientes. (Vitti e Priori, 2009).

Em relação à altura da planta (AltP (m)), número de vagens por plantas (NVP), de grãos por planta (NGP), de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100 (g)), número de nódulos por planta (NNP), e produtividade de grãos (Tabela 3), Em

área onde as gramíneas da rotação com *A. brasilense* foi superior quando comparada com a área que não foi inoculada, enfatizando que neste trabalho, as plantas de soja das áreas inoculadas apresentaram uma produtividade de 907 kg ha⁻¹ a mais do que plantas das áreas não inoculadas. Esse resultado foi semelhante ao de Flauzino *et al.* (2018), em que a co-inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* associada com *Azospirillum brasilense*, proporcionou maior produtividade da soja em sucessão ao consórcio de milho associado *U. ruziziensis*, não se diferindo estatisticamente do milho solteiro.

Além disso Bárbaro *et al.* (2009), pesquisando a prática de co-inoculação, evidenciaram que a soja expressou um maior rendimento de grãos (2.986 kg ha⁻¹) e maior massa de mil grãos, com a utilização da associação de inoculantes sustentados pela *Azospirillum brasilense*. Além do mais, Hungria *et al.* (2013) constataram que elevações de produção na cultura da soja podem ser assegurados, em relação a inoculação única de *Bradyrhizobium* em comparação com a co-inoculação de *Bradyrhizobium* mais *Azospirillum*, podendo ocorrer um aumento de até 7,7% na produtividade de grãos.

Ocorre uma interação positiva entre as bactérias constituidoras de nódulos (*Bradyrhizobium*) e as bactérias diazotróficas de vida livre, essencialmente as do gênero *Azospirillum*, pois segundo Moraes *et al.* (2016), uma maior proporção de pelos radiculares aumenta o número de nódulos, o que ampara a maior fixação biológica de nitrogênio (FBN).

Desse modo, a prática de co-inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* promove um aumento significativo nos componentes produtivos da soja, quando comparada com as plantas não inoculadas, ou inoculadas somente com *Bradyrhizobium japonicum*. Outrossim, a *Azospirillum* propicia um desenvolvimento de pelos radiculares, desse modo incrementando o crescimento e volume radicular, culminando em um antecipado progresso de constituição de nódulos (Gitti *et al.*, 2012; Chibeba *et al.*, 2015), todavia, essa prática de co-inoculação necessita de aprofundamentos técnicos quando feita de modo direto nas sementes de soja com as duas bactérias ou uma delas nas sementes e outra no solo, considerando que fora realizado dessa maneira, segundo consta o histórico da área.

Os modos de ação do *Bradyrhizobium* e da *Azospirillum* são dessemelhantes. De acordo com Dalolio *et al.* (2018), em relação ao último, os benefícios, também são

oriundos da liberação de fitohormônios, possuindo alta relevância no desenvolvimento de raízes. Desse modo, um sistema radicular mais volumoso e maior, proporciona uma absorção superior e por consequência, maior usufruição de água e nutrientes. Levando em conta a água, há como resultados menor suscetibilidade a estresses hídricos. Considerando os nutrientes, nota-se elevada saúde das plantas, ademais do equilíbrio nutricional oferecido pelo melhor aproveitamento dos nutrientes compreendidos no solo e através das práticas de fertilização. É interessante salientar, que um superior desenvolvimento do sistema radicular com *Azospirillum*, propicia uma maior potencialização da nodulação e como consequência uma elevação no auxílio à fixação biológica do nitrogênio, e desse modo, promovendo aumentos nos componentes produtivos da soja.

Por conseguinte, a utilização da *Azospirillum brasilense* para inoculação em sistemas agropecuários com gramíneas, com uma elevada deposição de palhada, é decisória para o aumento de produtividade, similar ao apontado por Nakao *et al.* (2019), após realizar a avaliação da produtividade de soja oriunda após o consórcio de sorgo com capim piatã e inoculadas com a bactéria *Azospirillum brasilense*.

A inoculação com *Azospirillum brasilense*, mesmo quando inoculada nas gramíneas antecessoras à soja, evidencia, de modo geral, a ocorrência de um efeito residual, com aumentos significativos na produtividade da soja. Uma das suposições para esse efeito residual na cultura da soja é a oferta de bactérias residuais na palhada da cultura instalada anteriormente, as quais, segundo Battisti e Simonetti (2014), apresentam uma interferência vultosa sobre o volume de nódulos e crescimento radicular, ocasionando uma elevação na produtividade. Um maior efeito de desenvolvimento das raízes é proporcionado pelas bactérias. De acordo com Hungria (2011), devido a inoculação há efeitos de absorção de água e minerais, uma segurança aos estresses como salinidade e seca, desse modo proporcionando plantas mais vigorosas e produtivas.

Em relação aos atributos morfológicos, da produção e produtividade de grãos de soja, não ocorreu ajuste de regressão para residual das doses de gesso (Tabela 3), levando em consideração a área da soja inoculada, não houve efeito significativo no estande de plantas.

Há a possibilidade das doses de gesso agrícola não apresentarem um efeito residual em virtude do sistema plantio direto estar em equilíbrio, no qual o mesmo se

encontra há 12 anos sob SPD, sendo que um dos pontos chave desse sistema é a função das raízes das plantas, que têm um impacto direto na estrutura do solo, na absorção de nutrientes e na resistência à erosão. Quando bem desenvolvidas, as raízes são fundamentais para criação de poros e galerias que auxiliam na aeração e na infiltração da água. Especialmente em sistema de plantio direto, as raízes ajudam a manter a integridade do solo, prevenindo a sua compactação e proporcionando um ambiente saudável para o desenvolvimento de novas plantas, mas de forma geral a adição de palhada ao sistema irá contribuir e manter os teores de Mg no solo, atendendo as necessidades das plantas (Hernani, 2021).

A matéria orgânica (MO) pode fornecer nutrientes para o sistema solo pelo seu poder tampão, intervindo nos parâmetros da CTC, visto a maior concentração de nutrientes para serem adsorvidos nas camadas mais profundas exploradas pelas raízes (Hernani, 2021; Freitas *et al.*, 2017). Desse modo, a MO é uma opção para elevar os parâmetros da fertilidade, visto que aperfeiçoar o perfil de solo pensando em adubação de forma geral atenda os requisitos das culturas, mas a construção de um bom perfil de solo tende a ter respostas ao longo dos anos, desde que se fixe bem as práticas do SPD (Hernani, 2021). É necessário um maior volume de palhada e de boa qualidade, para um solo com SPD em desenvolvimento inicial, para que ao decorrer dos anos, esse sistema possa entrar em equilíbrio e em geral os volumes possam ser controlados (Hernani, 2021; Bettiol *et al.*, 2023).

Ao decorrer dos anos, solos ricos em MO, tornam-se solos mais equilibrados, conciliando fatores físicos, químicos e microbiológicos, sendo responsáveis por sustentar quaisquer culturas frente a sua fertilidade corrigida (Cherubin; Schiebelbein, 2022). Além do mais, a braquiária possui um sistema radicular profundo e agressivo, proporcionando a formação e estabilização dos agregados do solo, além de absorverem elevadas quantidades de K e P, o que torna a palhada rica (Carvalho *et al.*, 2009, Carvalho; Amabile 2006).

5. CONCLUSÃO

A inoculação com *Azospirillum brasilense* nas gramíneas antecessoras e a inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* na soja é capaz de aumentar os componentes da produção e produtividade de grãos da soja.

Em relação a aplicação do gesso agrícola ao solo, após 7 anos, não houve efeito residual nos componentes da produção e produtividade de grãos da soja.

6. REFERÊNCIAS

- AMARAL, A. S. et al. Movimentação de partículas de calcário no perfil de um Cambissolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 359-367, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000200014>
- BÁRBARO, I. M. et al. Produtividade da soja em resposta à inoculação padrão e co-inoculação. In: **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215. 2009. p. 01-07. Disponível em: <https://journal.unoeste.br/index.php/ca/article/view/372>. Acesso em: 14, set 2024.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. Review: Azospirillum-plant relationships: environmental and physiological advances (1990 – 1996). **Canadian Journal of Microbiology**, v.43, p.103-121, 1997. DOI: <http://dx.doi.org/10.1139/m97-015>
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L. E. Azospirillum-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian journal of microbiology**, v. 50, n. 8, p. 521-577, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1139/w04-035>
- BATTISTI, A. M.; SIMONETTI, A. P. M. Inoculação e Co-inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* na cultura da soja. **Revista Cultivando o Saber**, v. 8, n. 3, p.294-301, 2014. DOI: https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/564c636bdb0ff.pdf
- BETTIOL, W.; SILVA, C. A.; CERRI, C. E. P.; MARTIN-NETO, L.; ANDRADE, C. A. **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical**. Embrapa Meio Ambiente. [S. l.], 2023. Disponível em: <http://cadernos.abaagroecologia.org.br/cadernos/article/view/3739>. Acesso em: 23/09/2024.
- CAIRES, E. F. et al. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de ciência do Solo**, v. 27, p. 275-286, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000200008>
- CAIRES E. F.; GUIMARÃES A. M. Recomendação de gesso para solos sob plantio

direto da região sul do Brasil. Anais do Fertbio, p. 486-486, 2016. Disponível em: <<https://www.sbcs.org.br/fertbio2016/anais/pdfs/plenary/BEED.pdf>>. Acesso em: 10, set 2024.

CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. Plantas condicionadoras de solo: interações eda-foclimáticas, uso e manejo. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. (org.). **Cerrado: adubação verde**. Brasília, DF: Embrapa, 2006. v. 1, p. 143-170.

CARVALHO, A. M. de.; BUSTAMANTE, M, M, C.; ALCANTARA, F. A de.; et al. Characterization by solid state CPMAS ¹³C NMR spectroscopy of decomposing plant residues in conventional and no-tillage systems in Central Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 101, p. 100-107, 2009.

CARVALHO, M. C. S.; RAIJ, B. van. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. **Plant and Soil**, v. 192, n. 1, p. 37-48, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1004285113189>

Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada [CEPEA]. Agromensal dezembro/2023 soja. **Análise conjuntural**. 2023. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/revista/pdf/0656653001704731347.pdf>>. Acesso em: 20, set. 2024.

CHATZISTATHIS, T.; ALIFRAGIS, D.; PAPAIOANNOU, A. The influence of liming on soil chemical properties and on the alleviation of manganese and copper toxicity in Juglans regia, Robinia pseudoacacia, Eucalyptus sp. and Populus sp. plantations. **Journal of Environmental Management**, v. 150, p. 149-156, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.11.020>

CHERUBIN, M. R.; SCHIEBELBEIN, B. E. **Saúde do solo: múltiplas perspectivas e percepções**. 7 dez. 2022. ESALQ, Piracicaba/SP. DOI: 10.11606/9786587391342

CHIBEBA A. M.; GUIMARÃES, M. F.; BRITO, O. R.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Co-inoculation of soybean with *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* promotes early nodulation. **American Journal of Plant Science**, v. 6, p. 1641-1649, 2015. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1019251>. Acesso em: 12, set. 2024.

Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB]. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 6 - Safra 2023/24 - Décimo segundo levantamento, Brasília, v. 11, p. 1-117, setembro 2024. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos> > Acesso em: 20, set. 2024.

COSTA, C. H. M.; CASTRO, G. S. A.; FERRARI NETO, J.; GUIMARÃES, T. M. Gessagem no sistema plantio direto. **Journal of Agronomic Sciences**, v.4, n. 1, p. 201–215, 2015. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1018389>

CRISTOVAM, M. E. P. **Doses de gesso agrícola no solo e sua correlação com a produtividade da aveia preta inoculada ou não com *Azospirillum brasilense*, e da soja em sucessão**. Monografia em Engenharia Agronomica. Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP, Brasil, 2021. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/214296>

DALOLIO, R. S.; BORIN, E.; DA CRUZ, R. M. S.; ALBERTON, O. Co-inoculação de soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 7, n. 2, p. 1-7, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/OAlberton/publication/327097118_COINOCULACAO_DE_SOJA_COM_Bradyrhizobium_e_Azospirillum/links/5f1305de299bf1e548c0d73e/CO-INOCULACAO-DE-SOJA-COM-Bradyrhizobium-eAzospirillum.pdf

DAVISON, J. Plant beneficial bacteria. **Bio/technology**, v. 6, n. 3, p. 282-286, 1988. DOI: <https://doi.org/10.1038/nbt0388-282>

DE MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; FRANCHIN, J. C.; DA SILVA, V. R. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no Sul do Brasil**. 1 ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/287778646_Manejo_e_conservacao_do_solo_e_da_agua_em_pequenas_propriedades_rurais_no_sul_do_Brasil_cotextualizando_as_atividades_agropecuarias_e_os_problemas_erosivos

DONEUX, M. F. **Atributos químicos do solo seis meses após aplicação de no**

sistema plantio direto. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil, 2021. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/27234>

FAO. **How to feed the world in 2050.** High level expert forum. Convened at FAO Headquarters in Rome on 12-13 October, 2009

FERLINI, H. A. Co-Inoculación en Soja (*Glycine max*) con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense*. **Artículos Técnicos** – Agricultura. 2006. Disponível em: <http://www.engormix.com/co_inoculacion_soja_glicyne_s_articulos_800_AGR.htm> Acesso: 06, out. 2024.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

FLAUZINO, D. S.; RIBEIRO, L. M.; CECCON, G. Soja associada a inoculação e coinoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* após cultivos de outono-inverno. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.5, n. 1, p. 47- 53, 2018. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1101120/1/ID367_31.pdf

FREITAS, B. S. **Bioindicadores de qualidade do solo e produtividade da soja em função do residual da adubação fosfatada e inoculação das gramíneas antecessoras com *Azospirillum brasilense*.** Dissertação de Mestrado em Agronomia. Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP, Brasil, 2022. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/235708>

FREITAS, L., OLIVEIRA, I. A., SILVA, L. S., FRARE, J. C. V., FILLA, V. A., & GOMES, R. P. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Unimar Ciências**, Marília, v. 26, n. 1-2, p. 8-25, 2017. Disponível em: < <http://ojs.unimar.br/index.php/ciencias/article/view/511/278>> Acesso em: 29, set., 2024.

GALINDO, F. S. et al. Silicon as an acidity corrective associated with *Azospirillum brasilense* to improve nitrogen management and wheat profitability. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 447-464, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n2p447>

GHISLENI, G. et al. Gesso em terras baixas: alterações químicas do solo e resposta do arroz irrigado e da soja. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre. v. 26, n. 1, p. 332-346., 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/254793>

GITTI, D.C.; ARF, O.; KANEKO, F.H.; RODRIGUES, R.A.F. BUZETTI, S.; PORTUGAL, J.R.; CORSINI, D.C.D.C. Inoculação de *Azospirillum brasilense* em cultivares de feijões cultivados no inverno. **Agrarian**, v.5, p.36-46, 2012. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1297>

HERNANI, L. C. **Sistema Plantio Direto. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/sistema-plantio-direto/fundamentos/benefícios>.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Tecnologia de coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*: incrementos no rendimento com sustentabilidade e baixo custo. **Reunião de pesquisa de soja da região central do Brasil**, p. 151-153, 2013. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/964713/1/TecnologiadecoinoculacaodasojaomBradyrhizobiomeAzospirillumincrementosnorendimentocomsustentabilidadeebaixocusto.pdf>

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Embrapa Soja, Londrina, PR, Brasil, 2011. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/879471>

KLOEPPER, J. W.; LIFSHITZ, R.; ZABLOTOWICZ, R. M. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. **Trends in biotechnology**, v. 7, n. 2, p. 39-44, 1989. Disponível em: [https://www.cell.com/trends/biotechnology/abstract/0167-7799\(89\)90057-7](https://www.cell.com/trends/biotechnology/abstract/0167-7799(89)90057-7) set. 2024.

KÖPPEN, W. Climatologia. In: PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P.

C. (Ed). **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 478 p, 2001.

KORNDÖRFER, G. **Gesso agrícola**. [s. d.], 2016. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/23751120-Gesso-agricola-instituto-de-cienciasagrariasadubos-adubacao-o-que-e-gesso-agricola.html>>.

KOST, D. et al. Effects of flue gas desulfurization and mined gypsums on soil properties and on hay and corn growth in eastern Ohio. **Journal of Environmental Quality**, v. 43, n. 1, p. 312-321, 2014. DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq2012.0157>

LANDAU, E. C. et al. **Análise integrada da dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas ultimas décadas**. 2020. DOI: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1122740/1/Cap57-AnaliseIntegradaDinamAgropec.pdf>

MOLLA, A. H. et al. Potential for enhancement of root growth and nodulation of soybean co-inoculated with *Azospirillum* and *Bradyrhizobium* in laboratory systems. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 33, n. 4-5, p. 457-463, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00186-3](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00186-3)

MOSQUERA-LOSADA, M. R.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; FERREIRO-DOMÍNGUEZ, N. Effect of liming and organic and inorganic fertilization on soil carbon sequestered in macro-and microaggregates in a 17-year old *Pinus radiata* silvopastoral system. **Journal of environmental management**, v. 150, p. 28-38, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.10.015>

NAKAO, A. H. et al. Soybean in succession to the residue of the sorghum/Paiaguás grass straw with *Azospirillum brasilense*. **Revista Ceres**, v. 66, p. 395-401, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201966050009>

OKON, Y.; LABANDERA-GONZALEZ, C. A. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 26, n. 12, p. 1591-1601, 1994. DOI: [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(94\)90311-5](https://doi.org/10.1016/0038-0717(94)90311-5)

PAGANI, A.; MALLARINO, A. P. On-farm evaluation of corn and soybean grain yield and soil pH responses to liming. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 1, p. 71-82, 2015. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj14.0314>

PAULETTI, V. et al. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 495-505, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000200014>

PEREIRA, D. A. **Produtividade de forragem e distribuição do sistema radicular do capim Mombaça em resposta a doses de gesso agrícola**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, Brasil, 2021. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.11.2021.tde-13122021-182233>

PORTUGAL, J. R. et al. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho no Cerrado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, p. 639-649, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170074>

PROCHNOW, L.; CAIRES, E.; RODRIGUES, C. Phosphogypsum use to reduce subsoil acidity: the Brazilian experience. **Better Crops**, v. 100 n. 2, p. 12-15. 2016. Disponível em: <http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/0/BD6F609D14C8394C85257FB5006E2655/%24FILE/BC-2016-2%20p13.pdf>

QUANI, G. R. **Efeito residual da aplicação de gesso agrícola sobre o desempenho agrônomo da soja em sistema plantio direto**. Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, Brasil, 2021. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/28486>

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100). Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/8035776/mod_resource/content/1/Boletim_tecnico_100.pdf. Acesso em: 14, set 2024.

RAMPIM, L. et al. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1687-1698, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000500023>

REIS, V. M. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas**. Embrapa Agrobiologia, p. 22, 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/629377/1/doc232.pdf>. Acesso em: 17, set., 2024.

ROSÁRIO, J. G. **Inoculação com *Azospirillum brasilense* associada à redução na adubação nitrogenada de cobertura em cultivares de trigo**. Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Santa Cruz, PR, Brasil, 2013. Disponível em: <http://tede.unicentro.br:8080/jspui/handle/tede/147>

SACHETTI, B. B. **A importância da rotação de culturas para o sistema de plantio direto**. Trabalho de conclusão de curso em Agronomia. Faculdade da Amazônia, Vilhena, AM, Brasil, 2021.

SANTOS, P. M. et al. Uso de gesso agrícola para atenuar o déficit hídrico em plantas jovens de mogno africano no cerrado. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 43268-43280, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-080>

SILVA, F. M.; PEDROZA, M. M.; OLIVEIRA, L. R. A.; COLEN, A. G. N.; AMARAL, P. H. B. Rotas tecnológicas empregadas no aproveitamento de resíduos da indústria da soja. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, n. 1, p. 326- 363, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Aymara-Colen/publication/332058031_ROTAS_TECNOLOGICAS_EMPREGADAS_NO_APROVEITAMENTO_DE_RESIDUOS_DA_INDUSTRIA_DA_SOJA/links/5e66949192851c7ce0551aca/ROTAS-TECNOLOGICAS-EMPREGADAS-NO-APROVEITAMENTO-DE-RESIDUOS-DA-INDUSTRIA-DA-SOJA.pdf

SOUSA, D. D.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Embrapa Cerrados, Planaltina, Informação Tecnológica. 2. ed. p. 416, 2004. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/555355>

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso do gesso agrícola nos solos do**

cerrado. Embrapa Cerrados. Planaltina, DF, Brasil, 2005. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/568533>

SUMNER, M. E. et al. Amelioration of an acid soil profile through deep liming and surface application of gypsum. **Soil Science Society of America Journal**, v. 50, n. 5, p. 1254-1258, 1986. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj1986.03615995005000050034x>

TAFFAREL, L. E. et al. Residual straw and soybean yield in succession to oat, wheat and triticale grown in crop-livestock integration system. **Científica**, v. 44, n. 1, p. 40-48, 2016. DOI: <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2016v44n1p40-48>

TAKAHASHI, W. Y. **Estudo da mobilidade do *Azospirillum brasiliense* em gramíneas sob diferentes formas de inoculação**. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, Brasil, 2022. Disponível em: <http://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/3857>

USDA Brazil. **Report, Oilseeds and Products Update**. Brasília: Marcos Bento, 2024. Disponível em: [\[https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Oilseeds%20and%20Products%20Update_Brasilia_Brazil_BR2024-0016\]](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Oilseeds%20and%20Products%20Update_Brasilia_Brazil_BR2024-0016). Acesso em 29 set., 2024.

VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C.; MALAVOLTA, E.; DIAS, A. S.; SERRANO, C. G. E. **Uso do gesso em sistemas de produção agrícola**. Piracicaba: GAPE, 2008. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001678724>

VITTI, G. C.; PRIORI, J. C. Calcário e gesso: os corretivos essenciais ao Plantio Direto. **Revista Visão Agrícola**, n. 09, p. 30-34, jul./dez. 2009. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA9-Fertilidade01.pdf>

ZILIO, I. D. A. V. **Sistema de integração lavoura-pecuária – Soja e Pecuária Bovina, Viabilização da Produção e Formas de Comercialização**. Trabalho de conclusão de curso em Ciências Contábeis, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MS, Brasil, 2019.